

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-014943
(43)Date of publication of application : 15.01.2004

(51)Int.Cl. H01S 5/042
H01S 5/22
H01S 5/323

(21)Application number : 2002-168945
(22)Date of filing : 10.06.2002

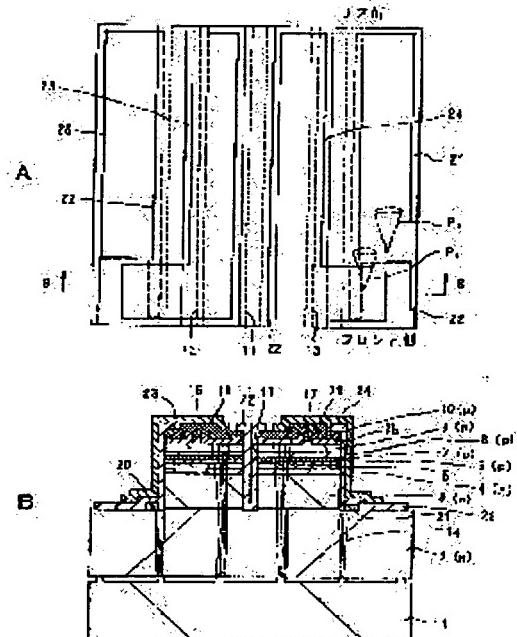
(71)Applicant : SONY CORP
(72)Inventor : TOJO TAKESHI
YABUKI YOSHIBUMI
ANZAI SHINICHI
HINO TOMOKIMI
GOTO OSAMU
FUJIMOTO TSUTOMU
MATSUMOTO OSAMU
TAKEYA MOTONOB
OFUJI YOSHIO

(54) MULTIBEAM SEMICONDUCTOR LASER, SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DEVICE, AND SEMICONDUCTOR DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a multibeam semiconductor laser employing a nitride III-V group compound semiconductor, which is driven independently and whose operation before mounting is readily confirmed.

SOLUTION: In the multibeam semiconductor laser, having a nitride III-V group compound semiconductor layer, forming a laser structure on one main surface of a substrate 1, and anode electrodes 23, 24 as well as cathode electrodes 20, 21 formed on the same layer, the anode electrode 23 is formed so as to be laid across the cathode electrode 20 through an insulation film 22 while the anode electrode 24 is formed so as to be laid across the cathode electrode 21 through the insulation film 22.



(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-14943

(P2004-14943A)

(43) 公開日 平成16年1月15日(2004.1.15)

(51) Int.CI.⁷

H01S 5/042

F I

H01S 5/042 612

テーマコード(参考)

H01S 5/22

H01S 5/22 610

5FO73

H01S 5/323

H01S 5/323 610

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号

特願2002-168945 (P2002-168945)

(22) 出願日

平成14年6月10日 (2002.6.10)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(74) 代理人 100082762

弁理士 杉浦 正知

(74) 代理人 100120640

弁理士 森 幸一

(72) 発明者 東條 剛

宮城県白石市白鳥3丁目53番地の2 ソ

ニー白石セミコンダクタ株式会社内

(72) 発明者 矢吹 義文

宮城県白石市白鳥3丁目53番地の2 ソ

ニー白石セミコンダクタ株式会社内

最終頁に統く

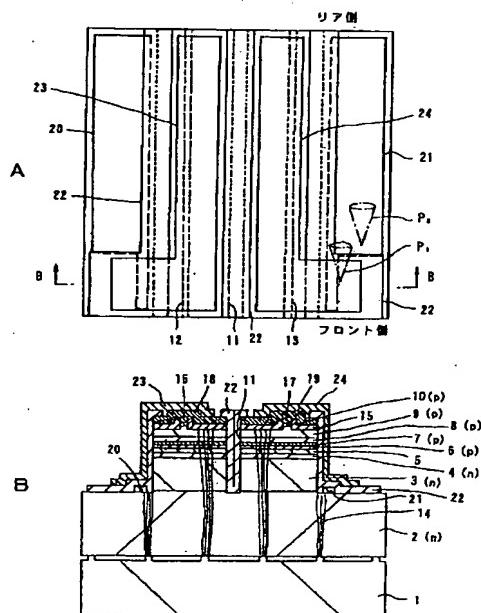
(54) 【発明の名称】マルチビーム型半導体レーザ、半導体発光素子および半導体装置

(57) 【要約】

【課題】独立駆動が可能で、しかも実装前の動作確認を容易に行うことができる、窒化物系III-V族化合物半導体を用いたマルチビーム型半導体レーザを提供する。

【解決手段】基板1の一方の主面上にレーザ構造を形成する窒化物系III-V族化合物半導体層を有し、この窒化物系III-V族化合物半導体層上にアノード電極23、24およびカソード電極20、21が形成されたマルチビーム型半導体レーザにおいて、アノード電極23を絶縁膜22を介してカソード電極20の上に跨がって形成し、アノード電極24を絶縁膜22を介してカソード電極21の上に跨がって形成する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

基板の一方の主面上にレーザ構造を形成する窒化物系ⅢⅢ-V族化合物半導体層を有し、この窒化物系ⅢⅢ-V族化合物半導体層上にアノード電極およびカソード電極が形成されたマルチビーム型半導体レーザにおいて、

上記アノード電極および上記カソード電極のうちの少なくとも一方が、互いに電気的に絶縁された状態で、上記アノード電極および上記カソード電極のうちの他方の上に跨がって形成されている

ことを特徴とするマルチビーム型半導体レーザ。

10

【請求項 2】

上記アノード電極および上記カソード電極のうちの少なくとも一方が、絶縁膜を介して、上記アノード電極および上記カソード電極のうちの他方の上に跨がって形成されている

ことを特徴とする請求項1記載のマルチビーム型半導体レーザ。

【請求項 3】

上記アノード電極および上記カソード電極のうちの少なくとも一方の少なくとも一部と上記アノード電極および上記カソード電極のうちの他方の少なくとも一部とが表面に露出している

ことを特徴とする請求項1記載のマルチビーム型半導体レーザ。

【請求項 4】

上記アノード電極が絶縁膜を介して上記カソード電極上に跨がって形成されている

20

ことを特徴とする請求項1記載のマルチビーム型半導体レーザ。

【請求項 5】

上記アノード電極の少なくとも一部と上記カソード電極の少なくとも一部とが表面に露出している

ことを特徴とする請求項4記載のマルチビーム型半導体レーザ。

【請求項 6】

上記基板の上層部が、横方向成長により形成され、周期的に低欠陥領域を有する窒化物系ⅢⅢ-V族化合物半導体からなる

ことを特徴とする請求項1記載のマルチビーム型半導体レーザ。

30

【請求項 7】

上記低欠陥領域上に発光部が形成されている

ことを特徴とする請求項6記載のマルチビーム型半導体レーザ。

【請求項 8】

上記窒化物系ⅢⅢ-V族化合物半導体層を下にして実装されている

ことを特徴とする請求項1記載のマルチビーム型半導体レーザ。

【請求項 9】

発光部ごとに素子分離されている

ことを特徴とする請求項1記載のマルチビーム型半導体レーザ。

【請求項 10】

それぞれの発光部が溝により互いに分離されている

40

ことを特徴とする請求項9記載のマルチビーム型半導体レーザ。

【請求項 11】

それぞれの発光部が絶縁体により互いに分離されている

ことを特徴とする請求項9記載のマルチビーム型半導体レーザ。

【請求項 12】

基板の一方の主面上にレーザ構造を形成する半導体層を有し、この半導体層上にアノード電極およびカソード電極が形成されたマルチビーム型半導体レーザにおいて、

上記アノード電極および上記カソード電極のうちの少なくとも一方が、互いに電気的に絶縁された状態で、上記アノード電極および上記カソード電極のうちの他方の上に跨がって形成されている

50

ことを特徴とするマルチビーム型半導体レーザ。

【請求項 13】

基板の一方の主面上に発光素子構造を形成する半導体層を有し、この半導体層上にアノード電極およびカソード電極が形成された半導体発光素子において、

上記アノード電極および上記カソード電極のうちの少なくとも一方が、互いに電気的に絶縁された状態で、上記アノード電極および上記カソード電極のうちの他方の上に跨がって形成されている

ことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 14】

基板の一方の主面上に素子構造を形成する半導体層を有し、この半導体層上に第1の電極 10 および第2の電極が形成された半導体装置において、

上記第1の電極および上記第2の電極のうちの少なくとも一方が、互いに電気的に絶縁された状態で、上記第1の電極および上記第2の電極のうちの他方の上に跨がって形成されている

ことを特徴とする半導体装置。

【請求項 15】

絶縁基板上にモノリシックに形成されたマルチビーム型半導体レーザにおいて、

各素子が互いに電気的に絶縁されている

ことを特徴とするマルチビーム型半導体レーザ。

【発明の詳細な説明】

20

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、マルチビーム型半導体レーザ、半導体発光素子および半導体装置に関し、例えれば、窒化物系ⅢⅢ-V族化合物半導体を用いたマルチビーム型半導体レーザに適用して好適なものである。

【0002】

【従来の技術】

A₁G_aI_nNなどの窒化物系ⅢⅢ-V族化合物半導体を用いた半導体レーザとしては現在、シングルビーム型のものが開発され、高密度光ディスク用の光源などとして実用化段階を迎えている。

30

【0003】

一方、この窒化物系ⅢⅢ-V族化合物半導体を用いた半導体レーザをレーザビームプリントの光源に応用するためには、2ビームもしくは4ビームの独立駆動が可能なマルチビーム型半導体レーザを実現する必要がある。

【0004】

本出願人は、このようなマルチビーム型の、窒化物系ⅢⅢ-V族化合物半導体を用いた半導体レーザとして、図8に示すような2ビーム型のものを提案した（第62回応用物理学学会学術講演会講演予稿集、14p-N-9、2001年9月）。図8に示すように、この2ビーム型半導体レーザにおいては、c面サファイア基板101上に横方向結晶成長技術によりn型GaN層102が成長され、その上に、レーザ構造を形成するGaN系半導体層、すなわちn型AlGaNクラッド層103、n型GaN光導波層104、活性層105、p型GaN中間層106、p型AlGaNキャップ層107、p型GaN光導波層108、p型AlGaNクラッド層109およびp型GaNコンタクト層110が、全体としてメサ形状をなすように順次積層されている。この場合、レーザ構造を形成するGaN系半導体層の最上部、すなわちp型AlGaNクラッド層109の上部およびp型GaNコンタクト層110に、二つのリッジ111、112が互いに平行に形成されている。更に、メサ部を覆うように絶縁膜113が形成されている。この絶縁膜113のうちのリッジ111、112の上の部分に開口113a、113bが形成されている。そして、これらの開口113a、113bを通じてリッジ111、112のp型GaNコンタクト層110と接触するようにp側電極（アノード電極）114、115が形成されている

40

50

。更に、これらのp側電極114、115および絶縁膜113を覆うようにp側電極（アノード電極）116が形成されている。一方、メサ部に隣接する部分の絶縁膜113には開口113c、113dが形成されており、これらの開口113c、113dを通じてn型GaN層102と接触するようにn側電極（カソード電極）117、118が形成されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述の図8に示す2ビーム型半導体レーザでは、各レーザ構造を独立駆動することが不可能であるため、そのままではレーザビームプリンタ用の光源として用いることはできない。

10

【0006】

一方、窒化物系III-V族化合物半導体とは異なる半導体を用いた半導体レーザではあるが、特開2000-269601号公報にマルチビーム型半導体レーザが提案されている。しかしながら、窒化物系III-V族化合物半導体を用いた半導体レーザにおいては、基板としてもっぱら用いられるサファイア基板が電気的に絶縁性であることから、基板の片側からp側電極およびn側電極の両方を取り出すため、この特開2000-269601号公報に開示された構造をそのまま採用することは困難である。

【0007】

したがって、この発明が解決しようとする課題は、独立駆動が可能で、しかも実装前の動作確認を容易に行うことができる、窒化物系III-V族化合物半導体を用いたマルチビーム型半導体レーザを提供することにある。

20

【0008】

より一般的には、この発明が解決しようとする課題は、独立駆動が可能で、しかも実装前の動作確認を容易に行うことができる、窒化物系III-V族化合物半導体その他の半導体材料を用いたマルチビーム型半導体レーザを提供することにある。

【0009】

更に一般的には、この発明が解決しようとする課題は、独立駆動が可能で、しかも実装前の動作確認を容易に行うことができる、窒化物系III-V族化合物半導体その他の半導体材料を用いた集積型の半導体発光素子および半導体装置を提供することにある。

30

【0010】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、この発明の第1の発明は、

基板の一方の主面上にレーザ構造を形成する窒化物系III-V族化合物半導体層を有し、この窒化物系III-V族化合物半導体層上にアノード電極およびカソード電極が形成されたマルチビーム型半導体レーザにおいて、

アノード電極およびカソード電極のうちの少なくとも一方が、互いに電気的に絶縁された状態で、アノード電極およびカソード電極のうちの他方の上に跨がって形成されていることを特徴とするものである。

【0011】

ここで、アノード電極およびカソード電極には、外部との電気的接続に用いるパッド電極も含まれるものとする。電気的に絶縁された状態の実現のためには、いわゆるエアーブリッジ構造を探ることも可能であるが、典型的には、アノード電極およびカソード電極のうちの少なくとも一方が、絶縁膜を介して、アノード電極およびカソード電極のうちの他方の上に跨がって形成される。この場合、典型的には、アノード電極およびカソード電極のうちの少なくとも一方の少なくとも一部とアノード電極およびカソード電極のうちの他方の少なくとも一部とが表面に露出している。最も典型的には、アノード電極が絶縁膜を介してカソード電極上に跨がって形成され、アノード電極の少なくとも一部とカソード電極の少なくとも一部とが表面に露出している。

40

【0012】

また、典型的には、基板の上層部は、横方向成長により形成され、周期的に低欠陥領域を

50

有する窒化物系Ⅲ-V族化合物半導体、典型的にはGaNからなり、素子寿命の向上などの観点より、好適には、この低欠陥領域上に発光部（レーザストライプあるいはリッジと言い換えることもできる）が形成される。レーザチップを実装する場合、最も典型的には、エピタキシャル成長により形成される窒化物系Ⅲ-V族化合物半導体層を下にして、すなわちエピサイドダウン（e p i - s i d e d o w n）で実装されるが、窒化物系Ⅲ-V族化合物半導体層を上にして、すなわちエピサイドアップ（e p i - s i d e u p）で実装することも可能である。

【0013】

レーザビームが出射される発光部（レーザ構造）間の電気的および熱的クロストーク（各レーザ構造の駆動時に、一つのレーザ構造から出射されるレーザビームが他のレーザ構造から出射されるレーザビームにおよぼす影響を示す）を低減し、レーザビームの出力変動を防止する観点より、あるいは、マルチビーム型半導体レーザをアノードコモンでもカソードコモンでも利用可能とする観点より、好適には発光部ごとに素子分離され、具体的には、例えば、それぞれの発光部が溝あるいは絶縁体あるいはそれらの双方により互いに分離される。

10

【0014】

窒化物系Ⅲ-V族化合物半導体は、最も一般的には $A_1x B_y Ga_{1-x-y} In_z As_u N_{1-u-v} P_v$ （ただし、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ 、 $0 \leq u \leq 1$ 、 $0 \leq v \leq 1$ 、 $0 \leq x + y + z < 1$ 、 $0 \leq u + v < 1$ ）からなり、より具体的には $A_1x B_y Ga_{1-x-y-z} In_z N$ （ただし、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ 、 $0 \leq x + y + z < 1$ ）からなり、典型的には $A_1x Ga_{1-x-z} In_z N$ （ただし、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ ）からなる。窒化物系Ⅲ-V族化合物半導体の具体例を挙げると、GaN、InN、AlN、AlGaN、InGaN、AlGaNなどである。

20

【0015】

この発明の第2の発明は、基板の一方の主面上にレーザ構造を形成する半導体層を有し、この半導体層上にアノード電極およびカソード電極が形成されたマルチビーム型半導体レーザにおいて、アノード電極およびカソード電極のうちの少なくとも一方が、互いに電気的に絶縁された状態で、アノード電極およびカソード電極のうちの他方の上に跨がって形成されていることを特徴とするものである。

30

【0016】

この発明の第3の発明は、基板の一方の主面上に発光素子構造を形成する半導体層を有し、この半導体層上にアノード電極およびカソード電極が形成された半導体発光素子において、アノード電極およびカソード電極のうちの少なくとも一方が、互いに電気的に絶縁された状態で、アノード電極およびカソード電極のうちの他方の上に跨がって形成されていることを特徴とするものである。

【0017】

40

この発明の第4の発明は、基板の一方の主面上に素子構造を形成する半導体層を有し、この半導体層上に第1の電極および第2の電極が形成された半導体装置において、第1の電極および第2の電極のうちの少なくとも一方が、互いに電気的に絶縁された状態で、第1の電極および第2の電極のうちの他方の上に跨がって形成されていることを特徴とするものである。

【0018】

50

この発明の第2～第4の発明において、半導体層は、基本的にはどのようなものであってもよいが、具体的には、例えば、窒化物系Ⅲ-V族化合物半導体のほか、AlGaAs系半導体、AlGaN系半導体、InGaAsP系半導体、GaInNAs系半導体などの各種のⅢ-V族化合物半導体、あるいは、ZnSe系半導体やZnO系半導

体などのⅢ-V族化合物半導体などの層である。また、この発明の第1の発明に関連して述べたことは、その性質に反しない限り、この発明の第2～第4の発明においても成立する。この発明の第4の発明における第1の電極および第2の電極は、この発明の第1の発明におけるアノード電極およびカソード電極に対応する。

【0019】

この発明の第3および第4の発明において、半導体発光素子には、半導体レーザや発光ダイオードが含まれ、半導体装置にはこれらの半導体発光素子のほか、受光素子、さらには高電子移動度トランジスタなどの電界効果トランジスタ(FET)やヘテロ接合バイポーラトランジスタ(HBT)のような電子走行素子が含まれる。

【0020】

この発明において、基板は、具体的には、例えば、サファイア基板のほか、GaN基板、ZrB₂基板、SiC基板、Si基板、GaAs基板、GaP基板、InP基板、スピネル基板、酸化シリコン基板、ZnO基板などである。

10

【0021】

窒化物系Ⅲ-Ⅴ族化合物半導体やその他の半導体層などの成長方法としては、例えば、有機金属化学気相成長(MOCVD)、ハイドライド気相エピタキシャル成長またはハイド気相エピタキシャル成長(HVPE)などのほか、分子線エピタキシー(MBE)などを用いることができる。

【0022】

この発明の第5の発明は、

20

絶縁基板上にモノリシックに形成されたマルチビーム型半導体レーザにおいて、各素子が互いに電気的に絶縁されていることを特徴とするものである。

この発明の第5の発明においては、その性質に反しない限り、この発明の第1および第2の発明に関連して述べたことが成立する。

【0023】

上述のように構成されたこの発明によれば、例えばサファイア基板その他の基板上に窒化物系Ⅲ-Ⅴ族化合物半導体層その他の半導体層を成長させた後、例えばこの基板をバー状に劈開した状態で、アノード電極およびカソード電極あるいは第1の電極および第2の電極にプローブ(探針)を接触させて(針立てを行って)動作確認を行うことができる。また、これらのアノード電極およびカソード電極あるいは第1の電極および第2の電極を用いることにより、各発光部のレーザ構造あるいは発光素子構造あるいは素子構造を独立に駆動することができる。

30

【0024】

【発明の実施形態】

以下、この発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。

図1はこの発明の第1の実施形態による2ビーム型GaN系半導体レーザ(チップ状態)を示す。ここで、図1Aは平面図、図1Bは図1AのB-B線に沿っての断面図である。この2ビーム型GaN系半導体レーザは、リッジ構造およびSCH(Separate Confinement Heterostructure)構造を有する実屈折率導波型半導体レーザである。

40

【0025】

図1に示すように、この2ビーム型GaN系半導体レーザにおいては、c面サファイア基板1上に、低温成長によるアンドープGaNバッファ層(図示せず)を介して、ELO(Epitaxial Lateral Overgrowth)などの横方向結晶成長技術を用いて成長されたn型GaN層2が積層されている。そして、このn型GaN層2上に、レーザ構造を形成するGaN系半導体層が積層されている。具体的には、レーザ構造を形成するGaN系半導体層として、n型AlGaNクラッド層3、n型GaN光導波層4、例えばアンドープのIn_xGa_{1-x}N/I_n, Ga_{1-y}N多重量子井戸構造の活性層5、p型GaN中間層6、p型AlGaNキャップ層7、p型GaN

50

光導波層8、p型AlGaNクラッド層9およびp型GaNコンタクト層10が順次積層されている。

【0026】

ここで、アンドープGaNバッファ層は厚さが例えば30nmである。n型GaN層2は厚さが例えば約7μmであり、n型不純物として例えばシリコン(Si)がドープされている。n型AlGaNクラッド層3は厚さが例えば1.0μmであり、n型不純物として例えばSiがドープされ、Al組成は例えば0.07である。n型GaN光導波層4は厚さが例えば0.1μmであり、n型不純物として例えばSiがドープされている。また、アンドープIn_xGa_{1-x}N/In_yGa_{1-y}N多重量子井戸構造の活性層5は、障壁層としてのIn_xGa_{1-x}N層と井戸層としてのIn_yGa_{1-y}N層とが交互に積層されたもので、例えば、障壁層としてのIn_xGa_{1-x}N層の厚さが7nmでx=0.02、井戸層としてのIn_yGa_{1-y}N層の厚さが3.5nmでy=0.14、井戸数が3である。
10

【0027】

p型GaNN中間層6は厚さが例えば20nmであり、p型不純物として例えばMgがドープされ、In組成は例えば0.02である。また、p型AlGaNキャップ層7は厚さが例えば20nmであり、p型不純物として例えばMgがドープされ、Al組成は例えば0.18である。このp型AlGaNキャップ層7は、p型GaN光導波層8、p型AlGaNクラッド層9およびp型GaNコンタクト層10の成長時に活性層からInが脱離して劣化するのを防止するとともに、活性層5からの電子のオーバーフローを防止するためのものである。
20

【0028】

p型GaN光導波層8は厚さが例えば0.1μmであり、p型不純物として例えばMgがドープされている。p型AlGaNクラッド層9は厚さが例えば0.5μmであり、p型不純物として例えばMgがドープされ、Al組成は例えば0.18である。また、p型GaNコンタクト層10は厚さが例えば0.1μmであり、p型不純物として例えばMgがドープされている。

【0029】

n型GaN層2の上層部、n型AlGaNクラッド層3、n型GaN光導波層4、活性層5、p型GaNN中間層6、p型AlGaNキャップ層7、p型GaN光導波層8およびp型AlGaNクラッド層9は、互いに隣接する二つのメサ形状をなすように形成されており、これらのメサ部はn型GaN層2に達する溝11により互いに分離されている。そして、これらのメサ部におけるp型AlGaNクラッド層9の上層部およびp型GaNコンタクト層10に、例えば<1-100>方向に延在するリッジ12、13がそれぞれ形成されている。これらのリッジ12、13の幅は例えば1.7μmである。ここで、これらのリッジ12、13、すなわちレーザストライプ部は、横方向成長時に用いた種結晶から上層に伝播した転位14の間の低欠陥領域に位置している。リッジ12、13の間隔は、好適には、この低欠陥領域の周期の倍数に選ばれ、具体的には、例えば低欠陥領域の周期が16μmであるとき、その倍数である96μmに選ばれる（ただし、図1Bにおいては、図示の便宜上このことは反映されていない）。
30

【0030】

更に、上記の各メサ部の上に、例えば厚さが40nmのSiO₂膜のような絶縁膜とその上の例えば厚さが45nmのSi膜とからなる複合膜15が設けられている。ここで、絶縁膜は電気絶縁および表面保護のためのものである。また、Si膜は、リッジ12、13の幅が1.7μmと狭いと横方向の光閉じ込めが強くなり、レーザ光のアスペクト比が小さくなり好ましいが、キンク現象が起りやすくなるため、リッジ12、13の側壁部において、キンク現象の原因となるレーザ光の1次モードの吸収係数を高め、キンク現象を防止するためのものである。この複合膜15のうちのリッジ12、13の上の部分にはそれぞれ開口が設けられており、この開口を通じて各メサ部のp型GaNコンタクト層10にそれぞれp側電極16、17が接触している。これらのp側電極16、17は、例え
40

ばPd膜およびPt膜を順次積層した構造を有する。複合膜15およびp側電極16、17を覆うようにp側電極18、19が形成されている。これらのp側電極18、19は、例えばTi膜、Pt膜およびNi膜を順次積層した構造を有する。

【0031】

一方、各メサ部に隣接する所定部分のn型GaN層2上にそれぞれn側電極20、21が接触している。これらのn側電極20、21は、例えばTi膜、Pt膜およびAu膜を順次積層した構造を有する。符号22は例えばSiO₂膜のような絶縁膜を示す。この絶縁膜22は、各メサ部の側壁およびn側電極20、21の一部を覆うように形成されている。更に、それぞれp側電極18、19に接触してp側パッド電極23、24が形成されている。これらのp側パッド電極23、24はリッジ12、13に沿って延在する部分とこれに直交する部分とからなり、後者の部分は絶縁膜22を介してそれぞれn側電極20、21の一端部の上に跨がっている。
10

【0032】

このGaN系半導体レーザにおいては、共振器長Lは例えば600μm程度であり、これに直交する方向のチップ幅は例えば400μm程度である。

【0033】

次に、この第1の実施形態による2ビーム型GaN系半導体レーザの製造方法について説明する。

まず、あらかじめサーマルクリーニングなどにより表面を清浄化したc面サファイア基板1上にMOCVD法により例えば500℃程度の温度でアンドープGaNバッファ層を成長させた後、例えばELOなどの横方向結晶成長技術を用いて例えば1000℃の成長温度でn型GaN層2を成長させる。
20

【0034】

引き続いて、n型GaN層2上にMOCVD法により、レーザ構造を形成するGaN系半導体層、具体的には、n型AlGaNクラッド層3、n型GaN光導波層4、アンドープのGa_{1-x}In_xN/Ga_{1-y}In_yN多重量子井戸構造の活性層5、p型GaInN中間層6、p型AlGaNキャップ層7、p型GaN光導波層8、p型AlGaNクラッド層9およびp型GaNコンタクト層10を順次成長させる。ここで、これらの層の成長温度は、例えば、n型AlGaNクラッド層3およびn型GaN光導波層4は1000℃、活性層5からp型GaN光導波層8までは780℃、p型AlGaNクラッド層9およびp型GaNコンタクト層10は1000℃とする。
30

【0035】

これらのGaN系半導体層の成長原料は、例えば、GaNの原料としてはトリメチルガリウム((CH₃)₃Ga、TMG)、Alの原料としてはトリメチルアルミニウム((CH₃)₃Al、TMA)、Inの原料としてはトリメチルインジウム((CH₃)₃In、TMI)を、Nの原料としてはNH₃を用いる。ドーパントについては、n型ドーパントとしては例えシラン(SiH₄)を、p型ドーパントとしては例えビス=メチルシクロペンタジエニルマグネシウム((CH₃)₂C₅H₄)₂Mg)あるいはビス=シクロペンタジエニルマグネシウム((C₅H₆)₂Mg)を用いる。
40

【0036】

また、これらのGaN系半導体層の成長時のキャリアガス雰囲気としては、n型GaN層2からn型GaN光導波層4まではN₂とH₂との混合ガス、活性層5からp型AlGaNキャップ層7まではN₂ガス雰囲気、p型GaN光導波層8からp型GaNコンタクト層10まではN₂とH₂との混合ガスを用いる。この場合、活性層5を成長させた後、p型AlGaNキャップ層7の成長まではキャリアガス雰囲気をN₂雰囲気としており、キャリアガス雰囲気にH₂が含まれないので、活性層5からInが脱離するのを抑えることができ、活性層5の劣化を防止することができる。また、p型GaN光導波層8からp型GaNコンタクト層10までの成長時にはキャリアガス雰囲気をN₂とH₂との混合ガス雰囲気としているので、これらのp型層を良好な結晶性で成長させる
50

ことができる。

【0037】

次に、上述のようにしてGaN系半導体層を成長させたc面サファイア基板1をMOCVD装置から取り出す。次に、基板全面に例えばSiO₂膜を形成した後、このSiO₂膜をエッチングにより所定形状にパターニングする。次に、基板全面に例えばPd膜およびPt膜を順次形成した後、SiO₂膜をその上に形成されたPd膜およびPt膜とともにリフトオフし、p側電極16、17を形成する。次に、これらのp側電極16、17をマスクとしてp型AlGaNクラッド層9の厚さ方向の所定の深さまで反応性イオンエッチング(RIE)法により選択的にエッチングしてリッジ12、13を形成する。

【0038】

次に、基板全面にSiO₂膜のような絶縁膜およびSi膜を順次形成して複合膜15を形成する。次に、リッジ12、13の上の部分の複合膜15をエッチング除去して開口を形成する。次に、基板全面に例えばTi膜、Pt膜およびNi膜を順次形成した後、その上にリソグラフィーにより所定形状のレジストパターンを形成する。次に、このレジストパターンをマスクとしてこれらのTi膜、Pt膜およびNi膜を例えばRIE法によりエッチングすることによりp側電極18、19を形成する。更に、これらのp側電極18、19をマスクとして例えばRIE法により、n型GaN層2に達するまでエッチングを行う。このエッチングにより、n型GaN層2の上層部、n型AlGaNクラッド層3、n型GaN光導波層4、活性層5、p型GaN中間層6、p型AlGaNキャップ層7、p型GaN光導波層8、p型AlGaNクラッド層9およびp型GaNコンタクト層10が互いに隣接する二つのメサ形状にパターニングされるとともに、これらのメサ部を分離する溝11が形成される。

10

【0039】

次に、基板表面にリソグラフィーにより所定形状のレジストパターンを形成した後、基板全面に例えばTi膜、Pt膜およびAu膜を順次形成する。次に、レジストパターンをその上に形成されたTi膜、Pt膜およびAu膜とともにリフトオフし、n側電極20、21を形成する。次に、基板全面にSiO₂膜のような絶縁膜22を形成した後、その上にリソグラフィーにより所定形状のレジストパターンを形成し、このレジストパターンをマスクとしてこの絶縁膜22を例えばRIE法により所定形状にパターニングする。

20

【0040】

次に、基板表面にリソグラフィーにより所定形状のレジストパターンを形成した後、基板全面に例えばTi膜、Pt膜およびAu膜を順次形成する。次に、レジストパターンをその上に形成されたTi膜、Pt膜およびAu膜とともにリフトオフし、p側パッド電極23、24を形成する。

30

【0041】

次に、上述のようにしてレーザ構造が形成されたc面サファイア基板1を劈開によりバー状に加工して両共振器端面を形成する。次に、これらの共振器端面に端面コーティングを施した後、このバーを劈開などによりチップ化する。フロント側の共振器端面の反射率は例えば20%、リア側の共振器端面の反射率は例えば70%とする。

以上により、目的とする2ビーム型GaN系半導体レーザが製造される。

40

【0042】

この2ビーム型GaN系半導体レーザは、典型的には、動作時の放熱性の向上を図るために、エピサイドダウン(pサイドダウン)で例えばAlNからなるヒートシンク上に実装される。この場合、ヒートシンクの上面に形成された所定の配線パターン上に形成されたパンプ電極と2ビーム型GaN系半導体レーザのp側パッド電極23、24およびn側電極20、21とが、例えばスズ(Sn)からなるはんだ(図示せず)で融着される。

【0043】

この第1の実施形態によれば次のような利点を得ることができる。すなわち、この2ビーム型GaN系半導体レーザにおいては、p側パッド電極23とn側電極20との間に電圧を印加して通電することにより、図1中左側のメサ部のレーザ構造を駆動することができ

50

、また、p側パッド電極24とn側電極21との間に電圧を印加して通電することにより、図1中右側のメサ部のレーザ構造を駆動することができる。すなわち、これらの二つのレーザ構造を互いに独立に駆動することができる。

【0044】

更に、レーザバーに加工された状態において、p側パッド電極23の全部とn側電極20の一部とが表面に露出し、p側パッド電極24の全部とn側電極21の一部とが表面に露出しているため、図1Aにおいて一点鎖線で示すように、例えばこれらの露出した部分のp側パッド電極24とn側電極21とにそれぞれプローブP₁、P₂を立てて、それらの間に電圧を印加して通電することにより動作特性のチェックを行うことができ、同様に、露出した部分のp側パッド電極25とn側電極22とにそれぞれプローブP₁、P₂を立てて、それらの間に電圧を印加して通電することにより動作特性のチェックを行うことができる。すなわち、バーチェックを行うことができることにより、組み立て前の動作確認あるいは特性評価を行うことができる。このため、良好な特性の2ビーム型GaN系半導体レーザのみを選択的に組み立てることができ、組み立て後の歩留まりの向上を図ることができる。10

【0045】

また、p側パッド電極23、24およびn側電極20、21は、ワイヤーボンディングパッドとしても用いることができるため、エピサイドダウン、エピサイドアップのいずれにも対応することができ、組み立ての自由度を増すことができる。

【0046】

また、この2ビーム型GaN系半導体レーザにおいては、動作時に発熱源となるレーザストライプ上が2重配線構造となっていないため、信頼性を低下させることなく、2ビーム型GaN系半導体レーザを実現することができる。

また、この2ビーム型GaN系半導体レーザにおいては、多層配線構造としているため、リッジ12、13の間隔、すなわちビーム間隔を容易に狭めることができる。

【0047】

また、この2ビーム型GaN系半導体レーザにおいては、各レーザ構造を分離する溝11は絶縁膜22により覆われているため、この2ビーム型GaN系半導体レーザをヒートシンク上にSnはんだ（図示せず）で融着する際に、そのSnはんだがメサ部の側壁を這い上がってn型層に達し、アノードとカソードとの間が短絡する問題が発生するおそれがない。

【0048】

次に、この発明の第2の実施形態による2ビーム型GaN系半導体レーザについて説明する。

図2に、この2ビーム型GaN系半導体レーザの、図1Bと同様な断面図を示す。この2ビーム型GaN系半導体レーザの平面図は図1Aと同様である。

【0049】

図2に示すように、この2ビーム型GaN系半導体レーザにおいては、二つのレーザ構造を分離する溝11がn型GaN層2を貫通して設けられ、この溝11を埋めるように絶縁膜22が形成されている。

その他のことは第1の実施形態による2ビーム型GaN系半導体レーザと同様であるので、説明を省略する。

【0050】

この第2の実施形態によれば、第1の実施形態と同様な利点を得ることができるほか、次のような利点を得ることができる。すなわち、溝11がn型GaN層2を貫通していることにより、二つのレーザ構造間を接続する導電性半導体層は存在せず、この意味でこれらのレーザ構造間は電気的に完全に分離されている。このため、p側パッド電極23とn側電極20との間に電圧を印加することにより図2中左側のレーザ構造を動作させ、p側パッド電極24とn側電極21との間に電圧を印加することにより図2中右側のレーザ構造を動作させることにより、相互に電気的クロストークを生じることなく、二つのレーザ構4050

造を互いに完全に独立に駆動することができる。

【0051】

また、p側パッド電極23、24は互いに完全に独立に設けられ、n側電極20、21も互いに完全に独立に設けられているので、アノード、カソードいずれを共通としても、すなわちアノードコモンでもカソードコモンでも、各レーザ構造を互いに独立に駆動することができる。このため、アノードコモン、カソードコモンを自由に選択することができ、駆動回路ごとに素子構造を変える必要がない。

【0052】

次に、この発明の第3の実施形態による4ビーム型GaN系半導体レーザについて説明する。
10

図3はこの4ビーム型GaN系半導体レーザ(チップ状態)を示す。ここで、図3Aは平面図、図3Bは図3AのB-B線に沿っての断面図である。

【0053】

図3に示すように、この4ビーム型GaN系半導体レーザにおいては、4ビーム型であることに対応して四つのレーザ構造が互いに分離して形成されている。以下においては、これらの四つのレーザ構造に図3中左から順に1、2、3、4と番号を付けて説明する。符号25～28はこれらの四つのレーザ構造のリッジを示す。これらのリッジ25～28の間隔は例えば $16\mu\text{m}$ である。

【0054】

1番目のレーザ構造においては、リッジ25のp型GaNコンタクト層10と接触して、例えばPd膜およびPt膜を順次積層した構造のp側電極29が形成され、その上に、例えばTi膜、Pt膜およびAu膜を順次積層した構造のパッド電極兼用のp側電極30が形成されている。このp側電極30は、リッジ25に沿って延在する部分とこれに直交する部分とからなり、後者の部分は絶縁膜22を介してn側電極20の一端部の上に跨がっている。
20

【0055】

2番目のレーザ構造においては、リッジ26のp型GaNコンタクト層10と接触して、例えばPd膜およびPt膜を順次積層した構造のp側電極31が形成され、その上に、例えばTi膜、Pt膜およびAu膜を順次積層した構造のp側パッド電極32が形成されている。このp側パッド電極32は、リッジ26に沿って延在する部分とこれに直交する部分とからなり、後者の部分は絶縁膜22を介してn側電極20の他端部の上に跨がっている。このp側パッド電極32のうちのリッジ26に直交する部分が1番目のレーザ構造を横切る部分においては、例えばSiO₂膜のような絶縁膜33により、p側電極30と電気的に絶縁されている。
30

【0056】

3番目および4番目のレーザ構造は、1番目および2番目のレーザ構造と対称な構造を有する。すなわち、3番目のレーザ構造においては、リッジ27のp型GaNコンタクト層10と接触して、例えばPd膜およびPt膜を順次積層した構造のp側電極34が形成されている。また、4番目のレーザ構造においては、リッジ28のp型GaNコンタクト層10と接触して、例えばPd膜およびPt膜を順次積層した構造のp側電極35が形成され、その上に、例えばTi膜、Pt膜およびAu膜を順次積層した構造のパッド電極兼用のp側電極36が形成されている。このp側電極36は、リッジ28に沿って延在する部分とこれに直交する部分とからなり、後者の部分は絶縁膜22を介してn側電極21の一端部の上に跨がっている。そして、3番目のレーザ構造においては、p側電極34上に例えばTi膜、Pt膜およびAu膜を順次積層した構造のp側パッド電極37が形成されている。このp側パッド電極37は、リッジ27に沿って延在する部分とこれに直交する部分とからなり、後者の部分は絶縁膜22を介してn側電極21の他端部の上に跨がっている。このp側パッド電極37のうちのリッジ27に直交する部分が4番目のレーザ構造を横切る部分においては、例えばSiO₂膜のような絶縁膜33により、p側電極36と電気的に絶縁されている。
40
50

その他のことは第1の実施形態による2ビーム型GaN系半導体レーザと同様であるので、説明を省略する。

【0057】

この第3の実施形態によれば、4ビーム型GaN系半導体レーザにおいて、第1の実施形態と同様な種々の利点を得ることができる。

具体的には、この4ビーム型GaN系半導体レーザにおいては、p側電極30とn側電極20との間に電圧を印加して通電することにより1番目のレーザ構造を駆動することができ、p側パッド電極32とn側電極20との間に電圧を印加して通電することにより2番目のレーザ構造を駆動することができ、p側パッド電極37とn側電極21との間に電圧を印加して通電することにより3番目のレーザ構造を駆動することができ、p側電極36とn側電極21との間に電圧を印加して通電することにより4番目のレーザ構造を駆動することができる。すなわち、これらの四つのレーザ構造を互いに独立に駆動することができる。10

【0058】

また、レーザバーに加工された状態において、p側電極30の一部、p側パッド電極32の全部、p側パッド電極37の全部、p側電極36の一部、n側電極20の一部およびn側電極21の一部が表面に露出しているため、これらの電極を利用して針立てを行うことにより、各レーザ構造の動作特性のチェックを行うことができ。このため、良好な特性の4ビーム型GaN系半導体レーザのみを選択的に組み立てることができ、組み立て後の歩留まりの向上を図ることができる。20

【0059】

また、p側電極30、36、p側パッド電極32、37およびn側電極20、21は、ワイヤーボンディングパッドとしても用いることができるため、エピサイドダウン、エピサイドアップのいずれにも対応することができ、組み立ての自由度を増すことができる。

【0060】

また、この4ビーム型GaN系半導体レーザにおいては、動作時に発熱源となるレーザストライプ上が2重配線構造となっていないため、信頼性を低下させることなく、4ビーム型GaN系半導体レーザを実現することができる。

また、この4ビーム型GaN系半導体レーザにおいては、多層配線構造としているため、リッジ25～28の間隔、すなわちビーム間隔を容易に狭めることができます。30

【0061】

また、この4ビーム型GaN系半導体レーザにおいては、各レーザ構造を分離する溝11は絶縁膜22により覆われているため、この2ビーム型GaN系半導体レーザをヒートシンク上にSnはんだ（図示せず）で融着する際に、そのSnはんだがメサ部の側壁を這い上がってn型層に達し、アノードとカソードとの間が短絡する問題が発生するおそれがない。

【0062】

次に、この発明の第4の実施形態による4ビーム型GaN系半導体レーザについて説明する。

図4はこの4ビーム型GaN系半導体レーザ（チップ状態）を示す。ここで、図4Aは平面図、図4Bは図4AのB-B線に沿っての断面図である。40

【0063】

図4に示すように、この4ビーム型GaN系半導体レーザにおいては、1番目から4番目のレーザ構造用にn側電極38～41がそれぞれ独立に設けられている。更に、溝11は、各レーザ構造間を分離し、また、1番目のレーザ構造のn側電極38の末端部が位置する部分のn型GaN層2と2番目のレーザ構造のn側電極39の末端部が位置する部分のn型GaN層2とを分離し、更に、3番目のレーザ構造のn側電極40の末端部が位置する部分のn型GaN層2と4番目のレーザ構造のn側電極41の末端部が位置する部分のn型GaN層2とを分離するように、n型GaN層2を貫通して設けられている。

その他のことは第3の実施形態による4ビーム型GaN系半導体レーザと同様であるので50

、説明を省略する。

【0064】

この第4の実施形態によれば、第3の実施形態と同様の利点を得ることができるほか、次のような利点を得ることができる。すなわち、n型GaN層2を貫通して設けられた溝11により、各レーザ構造間が分離され、また、各レーザ構造のn側電極38～41の末端部同士も分離されているため、これらの四つのレーザ構造間を接続する導電性半導体層は存在せず、この意味でこれらのレーザ構造間は電気的に完全に分離されている。このため、p側電極30とn側電極38との間に電圧を印加することにより1番目のレーザ構造を動作させ、p側パッド電極32とn側電極39との間に電圧を印加することにより2番目のレーザ構造を動作させ、p側パッド電極37とn側電極40との間に電圧を印加することにより3番目のレーザ構造を動作させ、p側電極35とn側電極41との間に電圧を印加することにより4番目のレーザ構造を動作させることにより、相互に電気的クロストークを生じることなく、四つのレーザ構造を互いに完全に独立に駆動することができる。10

【0065】

また、p側電極30、36およびp側パッド電極32、37は互いに完全に独立に設けられ、n側電極38～41も互いに完全に独立に設けられているので、アノード、カソードいずれを共通としても、すなわちアノードコモンでもカソードコモンでも、各レーザ構造を互いに独立に駆動することができる。このため、アノードコモン、カソードコモンを自由に選択することができ、駆動回路ごとに素子構造を変える必要がない。20

【0066】

次に、この発明の第5の実施形態による2ビーム型GaN系半導体レーザについて説明する。20

この第5の実施形態においては、第1の実施形態においてレーザ構造間を分離する溝11の深さ、言い換えるとこの溝11の部分に残されたn型GaN層2の厚さ（残し厚）とレーザ構造間のクロストーク特性との関係について検討する。ただし、n型GaN層2の成長時の厚さは7μmであるとする。

【0067】

図5は、溝11の部分のn型GaN層2の残し厚を変えてクロストークを測定した結果を示す。ただし、測定は、環境温度T₀=60℃、光出力P₀=4mWの条件で連続発振動作させ、パルス駆動周波数fを変化させることにより行った。また、図6は、この測定結果を、溝11の部分のn型GaN層2の残し厚を横軸に取って表したものである。30

【0068】

図5および図6から分かるように、溝11の部分のn型GaN層2の残し厚が小さくなるにしたがって電気的クロストークは減少し、この残し厚が0μmになると、すなわち溝11がn型GaN層2を貫通すると電気的クロストークは0となるが、この残し厚が3μm以下では電気的クロストークは5～7%となって実用的なレベルに抑えられている。熱的クロストークもほぼ同様な傾向を示す。

【0069】

以上の結果より、クロストーク特性の向上を図る観点からは、溝11はn型GaN層2を貫通するように設けるのが最も好ましい。第2の実施形態による2ビーム型GaN系半導体レーザはその例である。40

この第5の実施形態においては、溝11をn型GaN層2を貫通するように設けることにより、溝11の幅Wおよびレーザ構造間の間隔の最適化を図るとともに、溝11の内部を絶縁物で埋め込むことを考える。

【0070】

図7にこの第5の実施形態による2ビーム型GaN系半導体レーザを示す。

図7に示すように、この2ビーム型GaN系半導体レーザにおいては、二つのレーザ構造間を分離する溝11はn型GaN層2を貫通して形成されている。n型GaN層2におけるこの溝11の内部は例えばSiO₂膜のような絶縁膜42により埋め込まれている。この場合、リッジ12、13の間隔、すなわちビームの間隔は例えば9.6μmに選ばれて50

いる。

【0071】

n型GaN層2における溝11の幅Wは、二つのレーザ構造間の寄生容量を小さくし、電気的クロストークを低く抑える観点より、好適には $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上に選ばれ、大きい程良いが、実際上は、n型GaN層2の成長に用いる横方向結晶成長技術上の理由などにより一般には $15\text{ }\mu\text{m}$ 以下に選ばれ、典型的には $10\sim15\text{ }\mu\text{m}$ に選ばれる。また、レーザ構造間の間隔Dは例えば $20\text{ }\mu\text{m}$ に選ばれる。

【0072】

n型GaN層2に溝11を形成するには、例えば、p側パッド電極23、24まで形成した後に基板全面に例えばSiO₂膜を形成し、次にこのSiO₂膜をリソグラフィーにより所定形状にパターニングし、次にこの所定形状のSiO₂膜をマスクとしてn型GaN層2をドライエッティング、例えばRIEによりエッティングすればよい。この後、この溝11の内部にSiO₂膜のような絶縁膜42を埋め込む。

10

その他のことは第1の実施形態による2ビーム型GaN系半導体レーザと同様であるので、説明を省略する。

【0073】

この第5の実施形態によれば、第1の実施形態と同様な利点を得ることができるほか、次のような利点を得ることができる。すなわち、二つのレーザ構造間を分離する溝11がn型GaN層2を貫通して形成されていることにより、パルス駆動周波数fが $10\sim1000\text{ kHz}$ における電気的クロストークはほぼ0%であり、また、熱的クロストークも約2%であり、レーザビームプリンタ用の2ビーム型半導体レーザとして実用的なクロストーク特性を得ることができる。これは、これまでビーム間隔が約 $100\text{ }\mu\text{m}$ 以下ではクロストークを実用上十分に低い値、例えば5%以下にすることは非常に困難であったことを考えると、極めて大きな改善であると言える。

20

【0074】

また、溝11の内部は絶縁膜22、42により完全に覆われているため、この2ビーム型GaN系半導体レーザをヒートシンク上にSnはんだ（図示せず）で融着する際に、そのSnはんだがメサ部の側壁を這い上がってn型層に達し、アノードとカソードとの間が短絡する問題が発生するおそれがない。

【0075】

以上、この発明の実施形態について具体的に説明したが、この発明は、上述の実施形態に限定されるものではなく、この発明の技術的思想に基づく各種の変形が可能である。例えば、上述の第1～第5の実施形態において挙げた数値、構造、形状、材料、基板、原料、プロセスなどはあくまでも例に過ぎず、必要に応じて、これらと異なる数値、構造、形状、材料、基板、原料、プロセスなどを用いてよい。

30

【0076】

具体的には、例えば、上述の第5の実施形態において、n型GaN層2に溝11を形成し、この溝11の内部をSiO₂膜のような絶縁膜42により埋め込んでいるが、絶縁膜42の代わりに例えばノンドープの多結晶SiやAlGaNなどの高抵抗材料を埋め込んでもよい。また、n型GaN層2に溝11を形成し、これを絶縁膜42により埋め込むのではなく、溝11に対応する部分におけるn型GaN層2に例えばアルゴンなどを選択的にイオン注入して結晶を破壊し、高抵抗化あるいは絶縁体化するようにしてもよい。

40

また、例えば、上述の第1～第5の実施形態においては、c面サファイア基板を用いているが、必要に応じて、他の基板を用いてよい。

【0077】

また、上述の第1～第5の実施形態においては、この発明をSCH構造のGaN系半導体レーザに適用した場合について説明したが、この発明は例えばDH(Double Heterostructure)構造のGaN系半導体レーザに適用してもよいことはもちろん、その他の各種のレーザ構造のものに適用することができる。

【0078】

50

【発明の効果】

以上説明したように、この発明によれば、独立駆動が可能で、しかも実装前の動作確認を容易に行うことができる、窒化物系Ⅲ-V族化合物半導体その他の半導体材料を用いたマルチビーム型半導体レーザや集積型の半導体発光素子あるいは半導体装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1の実施形態による2ビーム型GaN系半導体レーザを示す平面図および断面図である。

【図2】この発明の第2の実施形態による2ビーム型GaN系半導体レーザを示す断面図である。
10

【図3】この発明の第3の実施形態による4ビーム型GaN系半導体レーザを示す平面図および断面図である。

【図4】この発明の第4の実施形態による4ビーム型GaN系半導体レーザを示す平面図および断面図である。

【図5】この発明の第5の実施形態による2ビーム型GaN系半導体レーザのクロストーク特性の測定結果を示す略線図である。

【図6】この発明の第5の実施形態による2ビーム型GaN系半導体レーザのクロストーク特性の測定結果を示す略線図である。

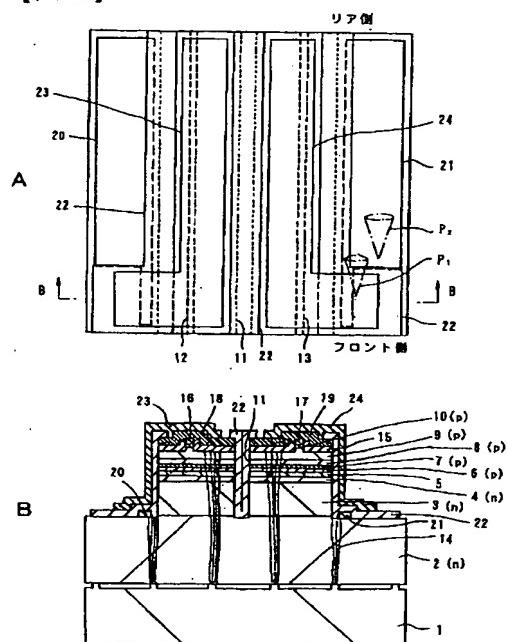
【図7】この発明の第5の実施形態による2ビーム型GaN系半導体レーザを示す断面図である。
20

【図8】従来の2ビーム型GaN系半導体レーザを示す断面図である。

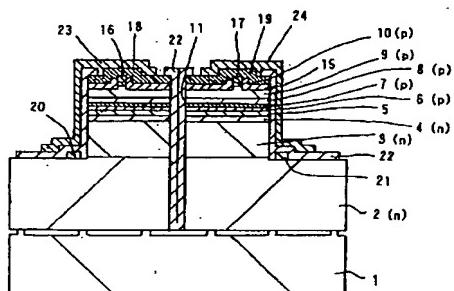
【符号の説明】

1 . . . c面サファイア基板、2 . . . n型GaN層、9 . . . p型AlGaNクラッド層、10 . . . p型GaNコンタクト層、11 . . . 溝、12、13、25~28 . . . リッジ、14 . . . 転位、16~19、29、30、31、34、35、36 . . . p側電極、23、24、32、37 . . . p側パッド電極、20、21、38~41 . . . n側電極、22、42 . . . 絶縁膜

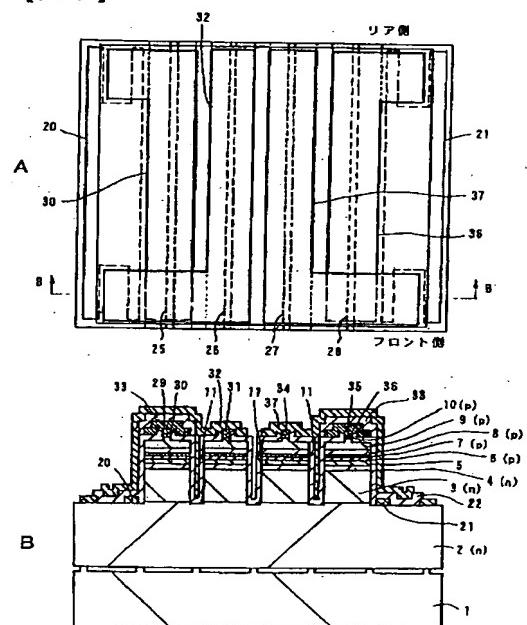
【図 1】



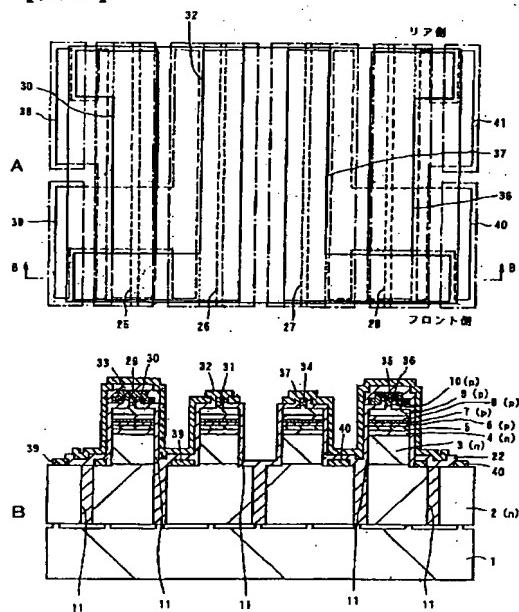
【図 2】



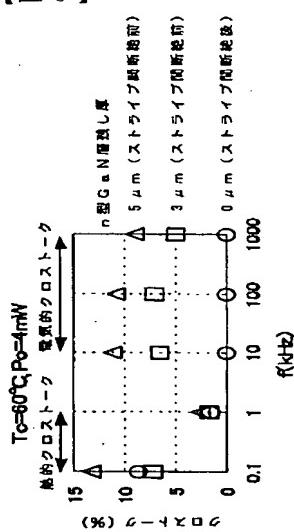
【図 3】



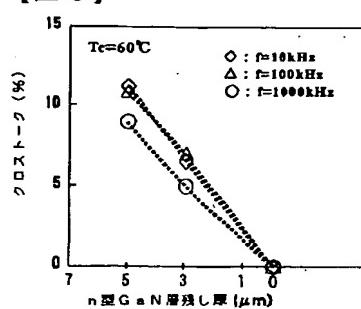
【図 4】



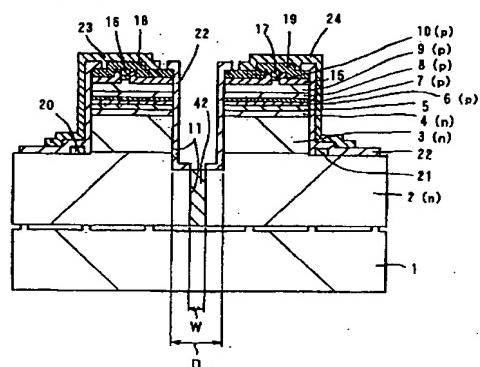
【図5】



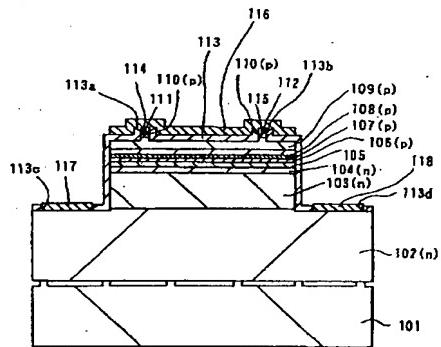
【図6】



〔図7〕



【图 8】



フロントページの続き

(72)発明者 安齋 信一

宮城県白石市白鳥3丁目53番地の2 ソニー白石セミコンダクタ株式会社内

(72)発明者 日野 智公

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72)発明者 後藤 修

宮城県白石市白鳥3丁目53番地の2 ソニー白石セミコンダクタ株式会社内

(72)発明者 藤本 強

宮城県白石市白鳥3丁目53番地の2 ソニー白石セミコンダクタ株式会社内

(72)発明者 松本 治

宮城県白石市白鳥3丁目53番地の2 ソニー白石セミコンダクタ株式会社内

(72)発明者 竹谷 元伸

宮城県白石市白鳥3丁目53番地の2 ソニー白石セミコンダクタ株式会社内

(72)発明者 大藤 良夫

宮城県白石市白鳥3丁目53番地の2 ソニー白石セミコンダクタ株式会社内

F ターム(参考) 5F073 AA13 AA45 AA61 AA74 AB05 BA07 CA07 CB05 DA05 DA07

DA25 DA30 DA35 HA02 HA10

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER: _____**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.
As rescanning these documents will not correct the image
problems checked, please do not report these problems to
the IFW Image Problem Mailbox.**